

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC879 U.S. PTO  
10/046987  
01/17/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年 9月 7日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-271770

出 願 人  
Applicant(s):

株式会社日立製作所

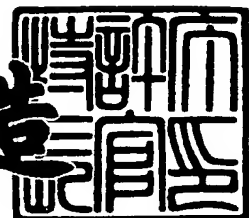
#3  
KID  
N-2400

U.S. Appln. Filed 1-17-02  
Inventor: T. Kanbe et al  
Mattingly Stanger & Malur  
Docket NIT-319

2001年11月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0429

【提出日】 平成13年 9月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/66

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 神邊 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 鈴木 博之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 屋久 四男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 平山 義幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 柏瀬 英一

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記憶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非磁性基板上に複数の下地層を介して磁性層が形成されており、該磁性層が、Ru、もしくはReの少なくとも一方を3at%以上、30at%以下含有し、かつCrを0at%以上、18at%以下含有し、更にB、もしくはCの少なくとも一方を0at%以上、20at%以下含有し、残部がCoよりなる下部磁性層と、非磁性中間層を介してこれと反強磁性結合したCoを主成分とする上部磁性層からなることを特徴とする面内磁気記録媒体。

【請求項 2】

上記複数の下地層が、Co、もしくはNiを主成分とした非磁性、かつ非晶質構造の第一の下地層と、Crを含有した体心立方構造の第二の下地層からなることを特徴とする請求項1に記載の面内磁気記録媒体。

【請求項 3】

上記複数の下地層が、B2構造を有する第一の下地層と、Crを含有した体心立方構造の第二の下地層からなることを特徴とする請求項1に記載の面内磁気記録媒体。

【請求項 4】

上記複数の下地層の少なくとも一層が、Coを含有した非磁性かつ六方稠密構造の合金材料からなることを特徴とする請求項1に記載の面内磁気記録媒体。

【請求項 5】

上記Coを含有した非磁性かつ六方稠密構造の合金材料からなる下地層が、上記下部磁性層と上記第二の下地層との間に形成されていることを特徴とする請求項2あるいは請求項3に記載の面内磁気記録媒体。

【請求項 6】

上記Coを含有した非磁性かつ六方稠密構造の合金材料からなる下地層が、Ruを35at%以上、60at%以下含有したCo-Ru合金からなることを特徴とする請求項4あるいは請求項5に記載の面内磁気記録媒体。

## 【請求項 7】

前記複数の下地層の少なくとも一層が、Cr を含有した体心立方構造の合金材料からなり、該 Cr 合金が B を 2 a t % 以上、1 5 a t % 以下含有していることを特徴とする請求項 1 ～請求項 6 のいずれかに記載の面内磁気記録媒体。

## 【請求項 8】

磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用のスピバルブ型磁気ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドと、ヘッドを媒体に対して相対運動させる手段と、ヘッドの記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置に於いて、

磁気記録媒体が請求項 1 ～請求項 7 のいずれかに記載の面内磁気記録媒体で構成されることを特徴とする磁気記憶装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体及び磁気記憶装置に関し、特に詳細には、低ノイズ、かつ高保磁力で、熱揺らぎに対しても十分に安定な面内磁気記録媒体技術に関する。さらに、高感度な磁気ヘッド技術と組み合わせ、記録再生条件を最適化することにより、1 平方ミリメートル当たり 5 0 メガビット以上の面記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置技術に関するものである。

## 【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置の大容量化に伴い、磁気記録媒体の面記録密度向上に対する要求が益々高まっている。面記録密度の向上には媒体ノイズの低減が不可欠である。そのためには磁性層の粒子サイズを微細化して、1 ビット当たりの粒子数を増加させる必要がある。しかし、微細な磁性結晶粒は熱揺らぎの影響で磁化反転を起こし易くなるため、記録磁化の減衰、即ち熱磁気緩和現象が顕著となる。熱磁気緩和現象を抑制するには、熱安定度因子 ( $K u \cdot v / k T$ ) を概ね 8 0 ～9 0 以上に保つ必要がある。ここで、 $K u$  は、結晶磁気異方性定数、 $v$  は磁性結晶粒の体積、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は絶対温度である。磁性結晶粒を微細化

した場合、粒子体積  $v$  が低下するので  $K_u \cdot v / kT$  を上記値以上に保つには  $K_u$  を高める必要がある。 $K_u$  を向上させると異方性磁界 ( $H_k$ ) も増加するが、 $H_k$  が磁気ヘッドの記録磁界を上回ると重ね書き特性が大幅に劣化する。このため、媒体の  $H_k$  はヘッドの記録磁界を上回らないように設定する必要があり、これが高  $K_u$  化の上限となっている。

## 【0003】

熱磁気緩和の抑制と低ノイズ化を両立させる技術として、近年、反強磁性結合媒体 (Appl. Phys. Lett., vol. 77, pp. 2581-2583, October (2000)、Appl. Phys. Lett., vol. 77, pp. 3806-3808, December (2000) が提案されている。これは、磁性層を  $R_u$  中間層を介して反強磁性結合した2層構造としたものである。反強磁性結合媒体では、基板側の磁性層(下部磁性層)の磁化と保護膜側の磁性層(上部磁性層)の磁化が残留磁化状態で反平行となる。このため、残留磁束密度 ( $B_r$ ) と磁性膜厚 ( $t$ ) の積 ( $B_r \cdot t$ ) を単層の磁性層を用いた媒体と等しくした場合、記録層である上部磁性層の膜厚を厚くすることができ、該磁性層の熱安定度因子 ( $K_u \cdot v / kT$ ) を高くすることができる。

## 【0004】

しかしながら、低ノイズ、かつ高保磁力で、熱揺らぎに対しても十分に安定な面内磁気記録媒体が具体的に提供されるには至っていない。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、低ノイズ、かつ高保磁力で、熱揺らぎに対しても十分に安定な面内磁気記録媒体を提供し、かつ、高感度な磁気ヘッドと組み合わせ、記録再生条件を最適化することにより、1平方ミリメートル当たり50メガビット以上の面記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を提供することである。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は、面内磁気記録媒体が非磁性基板上に複数の下地層を介して磁性層が形成されており、該磁性層が、 $R_u$ 、もしくは  $R$

eの少なくとも一方を3at%以上、30at%以下含有し、かつCrを0at%以上、18at%以下含有し、更にB、もしくはCの少なくとも一方を0at%以上、20at%以下含有し、残部がCoよりなる下部磁性層と、非磁性中間層を介して配置されたCoを主成分とする上部磁性層からなるようにした。

【0007】

また、上記複数の下地層が、Co、もしくはNiを主成分とした非磁性、かつ非晶質構造の第一の下地層と、Crを含有した体心立方構造の第二の下地層からなるようにした。

【0008】

さらに、上記第一の下地層にB2構造の合金材料を用いてもよい。

【0009】

また、上記複数の下地層の少なくとも一層がCoを含有した非磁性、かつ六方稠密構造の合金材料からなるようにした。

【0010】

さらにまた、上記Co含有合金下地層は、第三の下地層として上記下部磁性層と上記第二の下地層との間に形成することもできる。

【0011】

また、上記Coを含有した非磁性、かつ六方稠密構造の合金材料からなる下地層が、Ruを35at%以上、60at%以下含有したCo-Ru合金からなるようにした。

【0012】

さらに、上記複数の下地層の少なくとも一層が、Crを含有した体心立方構造の合金材料からなり、該Cr合金がBを2at%以上、15at%以下含有するようにした。

【0013】

さらにまた、磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用のスピバルブ型磁気ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドと、ヘッドを媒体に対して相対運動させる手段と、ヘッドの記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置に於いて、前記磁気記録媒体は上記の面内磁気記録

媒体で構成されるようにした。

【0014】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の実施の概要について以下に説明する。

本発明の磁気記録媒体の例である反強磁性結合媒体では残留磁束密度( $B_r$ )と磁性膜厚( $t$ )の積( $B_r \cdot t$ )は、概ね上部磁性層の $B_r \cdot t$ と下部磁性層の $B_r \cdot t$ との差となる。このため、反強磁性結合媒体の $B_r \cdot t$ を、上部磁性層と同一の磁性合金を用いた単磁性層媒体の $B_r \cdot t$ と同一に揃えた場合、上部磁性層の $B_r \cdot t$ は下部磁性層の $B_r \cdot t$ 分だけ大きく設定することができる。上部磁性層の $B_r \cdot t$ は主として該磁性層の飽和磁束密度( $B_s$ )、もしくは膜厚を増加させることによって大きくできる。前者の場合、異方性磁界( $H_k$ )を低下させなければ結晶磁気異方性定数( $K_u$ )を大きくでき、後者の場合、結晶粒の体積( $v$ )を大きくすることができる。これによって、上部磁性層の熱安定度因子( $K_u \cdot v / kT$ )( $k$ :ボルツマン定数、 $T$ :絶対温度)を大きくすることが可能となる。反強磁性結合媒体では上部磁性層が記録層となるため、該磁性層の熱安定性を向上させることにより、熱磁気緩和現象を抑制することができる。

【0015】

よって、下部磁性層の $B_r \cdot t$ を大きく設定することにより、上部磁性層の $B_r \cdot t$ も大きく設定でき、熱安定性をより向上させることができる。但し、反強磁性結合媒体では、残留磁化状態で下部磁性層の磁化が上部磁性層の磁化と反平行とならなければならない。そのためには、下部磁性層の保磁力( $H_{c2}$ )を下部磁性層が受ける結合磁界( $H_{ex2}$ )より小さくする必要がある。 $H_{ex2}$ は上部磁性層と下部磁性層間の交換結合定数( $J$ )、及び下部磁性層の $B_r \cdot t$ ( $B_r \cdot t_2$ )を用いて、概ね $J / (B_r \cdot t_2)$ と記述できる。このため、上記条件を満足させるには $B_r \cdot t_2$ が $J / H_{c2}$ 以下である必要がある。よって、 $B_r \cdot t_2$ をできる限り大きくするには、 $J$ を大きくする、もしくは $H_{c2}$ を小さくすればよい。

【0016】

$H_{c2}$ を小さくするには、下部磁性層に異方性磁界( $H_k$ )の小さい材料を用い



るのが効果的である。現在、磁性層に使用されている一般的な材料は、Co-Cr-Pt-B、Co-Cr-Pt-Ta合金等、Coを主成分とし、Cr、Pt等を含有したhcp構造の合金である。これらのCo合金のHkは主としてPt含有量に依存しており、Pt量を低減することによってHkを低減することができる。

#### 【0017】

しかし、Ptの原子半径はCoに比べて約11%大きいため、下部磁性層のPt含有量を減らした場合、同時に該磁性層の格子定数も大幅に低下する。上部磁性層は後述するようにPtを10～18at%含有しているため、下部磁性層のPt含有量を極端に減らすと両磁性層間の格子ミスフィットが大幅に増大する。その結果、上部磁性層のエピタキシャル成長が阻害され、面内磁気異方性が大幅に低下するという問題が起こる。この問題を防ぐ為、下部磁性層にはHkは低いが、格子定数は上部磁性層に比べて大幅に低下していない材料を用いることが好ましい。発明者らは下部磁性層として種々の材料を検討した結果、Coを主成分として、Ptの代わりにRu、もしくはReを含有した合金が最も望ましいことを見い出した。Ru、及びReの原子半径はPtよりは小さいが、Coに対しては68%大きい。

#### 【0018】

また、これらの元素はCoと合金化してもHkが増大しないため、Co-Ru合金、もしくはCo-Re合金は高い格子定数と低いHkを両立させることができる。検討の結果、上部磁性層の良好なエピタキシャル成長を阻害しないためには、下部磁性層はRu、もしくはReを概ね3at%以上含有していればよいことがわかった。但し、これらの元素を多量に添加した場合、下部磁性層の磁化量が著しく低下するため、含有量は30at%以下が望ましい。

#### 【0019】

また、磁化量を調整するために18%以下のCrを添加してもよい。CrはCoと原子半径がほぼ同じであるため、格子定数を変化させずに磁化量のみを調整することができる。但し、添加量が18%を越えると、磁化量が著しく低下し、上部磁性層のBr・tを打ち消す効果が低下するので好ましくない。

## 【0020】

また、上部磁性層の粒径は下部磁性層の粒径に強く依存しているため、下部磁性層の粒径を微細化することによって、上部磁性層の粒径を微細化することができる。この場合、媒体ノイズを低減できるので好ましい。下部磁性層の粒径を微細化するために、該磁性層は0 at %以上、20 at %以下のB、もしくはCを含有していることが望ましい。添加量が、20 at %を越えると、下部磁性層の結晶性が著しく劣化するので好ましくない。下部磁性層の膜厚は1 nm以上とすることが望ましい。1 nm未満では下部磁性層の $B \cdot r$ が小さすぎるため、上部磁性層の $B \cdot r$ を熱揺らぎに耐えられる程、十分大きく設定できない。

## 【0021】

また、一般に下部磁性層を厚くした場合、該磁性層の保磁力が増大する。このため、膜厚がある値を越えると下部磁性層の保磁力が該磁性層が受ける結合磁界よりも大きくなり、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行とならなくなる。よって、この時の膜厚が下部磁性層の膜厚の上限となる。本発明の下部磁性層は $H_k$ が極めて低いため、保磁力も低く、膜厚を12 nm程度まで厚くしても、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行とすることができる。下部磁性層の膜厚と媒体の電磁変換特性の相関は、上部磁性層の材料や下地構成によって異なるため、下部磁性層の膜厚は媒体構成に応じて1 nm? 12 nmの範囲内で最適化するのがよい。

## 【0022】

上部磁性層にはCoCrPtB、CoCrPtTa、CoCrPtBCu、CoCrPtBTa合金等、Coを主成分とし、Cr、Pt、B等を含有したhcp構造の合金を用いるのがよい。磁性粒子間の交換相互作用を十分に低減するため、上部磁性層のCr濃度は14 at %以上が望ましい。但し、Cr濃度が増加すると結晶磁気異方性定数( $K_u$ )が低下して熱安定度因子( $K_u \cdot v / kT$ )が下がるため、Cr含有量は22 at %以下がよい。

## 【0023】

また、高い保磁力と良好な重ね書き特性を両立させるため、10 at %以上、18 at %以下のPtを含有することが望ましい。更に、3 at %以上のBを添

加すると磁性結晶粒が微細化されると同時にCr原子の粒界偏析が促進されるため、媒体ノイズを大幅に低減できる。但し、多量のB添加は磁性層の結晶性を劣化させるため、添加量は18at%以下が望ましい。媒体ノイズは、上部磁性層にTa、Cu、Mo、Zr、W、Ti、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を添加することによっても低減することができる。前記元素、もしくは化合物の添加は磁性層のhcp構造を崩すため、添加量は10at%以下、もしくは6mol%以下にするのが好ましい。

## 【0024】

下部磁性層と上部磁性層の間に形成する中間層としては膜厚が0.2nm~0.8nmのRuを用いることが望ましい。Ru膜厚が上記範囲を外れると、下部磁性層と上部磁性層の間の反強磁性結合が崩れるため好ましくない。中間層材料としては、下部磁性層と上部磁性層の間に反強磁性結合を導入できる材料であれば、Ru以外でも特に問題はない。

## 【0025】

下地層の層構成としては、例えばCo、Ni等を主成分とした非磁性の非晶質合金からなる第一の下地層上に、Crを含有したbcc構造の第二の下地層を積層した多層構成とすることができる。上記第一の下地層としては、例えばCo-Crx1-Zry1(x1:30~60at%、y1:3~30at%)、Ni-Crx2-Zry2(x2:0~50at%、y2:3~60at%)、Ni-Taax3-Zry3(x3:3~60at%、y3:3~60at%)、Ni-Taax4(x4:5~60at%)合金等を用いるのがよい。この場合、第二の下地層の粒径が微細化されると同時に、該下地層に(100)面を基板面と略平行とした配向(以後、(100)配向と記す)をとらせることができる。

## 【0026】

このため、第二の下地層上に形成された下部磁性層はエピタキシャル成長により、(110)面を基板面と略平行とした配向(以後、(110)配向と記す)をとり、中間層を介して上部磁性層も(110)配向をとる。これにより、上部磁性層の粒径が低ノイズ化に適した11nm以下まで微細化され、同時にc軸面内成分が向上し、低ノイズで強い面内磁気異方性を有する媒体が得られる。第一の下

地層は非磁性であることが望ましいが、飽和磁束密度が0.15 T以下であれば若干の磁化を有していても実用上問題ない。

## 【0027】

また、第一の下地層は、X線回折スペクトラムに於いて、ハローパターン以外の明瞭な回折ピークを示さないか、もしくは高分解能電子顕微鏡にて撮影した格子像から得られた平均粒径が5 nm以下であれば、厳密な非晶質構造である必要はない。第一の下地層材料は上記以外でも、例えばMgO、NiP、Ta等、第二のCr合金下地層に(100)配向をとらせることができる材料であれば特に制限しない。また、基板にNiPメッキしたAl-Mg合金を用いた場合、該基板上に直接形成されたCr合金層は(100)配向するため、特に上記第一の下地層を形成しなくてもよい。

## 【0028】

第二の下地層にはbcc構造のCr、Cr-Ti合金、Cr-Mo合金、Cr-V合金、Cr-W合金、Cr-Mn合金等を用いることができる。前記Cr合金は純Crに比べて格子定数が大きいため、磁性層との格子整合性が向上するので好ましい。また、第二の下地層の粒径を更に微細化するためにBを添加してもよい。この場合、磁性層の粒径も微細化され、媒体ノイズを更に低減することができる。但し、B添加は下地層の微細化と同時に結晶性を劣化させるため、添加量は15 at %以下が望ましい。特にB添加量が5 at %を越える場合は、例えばBを含有しないCr層を形成した上にCrTiB層を形成する等して、二層化してもよい。これにより、微細粒径と強い(100)配向を両立させた下地層とすることができる。

## 【0029】

上記第二の下地層上に直接下部磁性層を形成してもよいが、該下地層と磁性層の間にCoを含有したhcp構造の非磁性合金を第三の下地層として設けてもよい。この場合、下部磁性層は同一結晶構造(hcp構造)の下地層上にエピタキシャル成長するため、初期成長段階から良好に結晶成長する。このため、上部磁性層の結晶性、c軸の面内配向性も向上し、高い保磁力を有する媒体が得られる。第三の下地層にはCo-Cr合金、Co-Cr-Pt合金等、hcp構造で、かつ

飽和磁束密度が 0.15 T 以下の合金材料であれば特に制限はないが、Ru を 35 at % 以上、60 at % 以下含有した Co-Ru 合金を用いた場合、格子整合性が改善されて、媒体ノイズを低減できるので、特に望ましい。

## 【0030】

上記の下地層構成は全て磁性層に (11.0) 配向をとらせるものであるが、磁性層の配向は (11.0) 配向と同様、磁性合金の c 軸を膜面内方向に向けた (10.0) 配向でもよい。磁性層に (10.0) 配向をとらせるには第一の下地層に例えば Ni-50 at % Al 合金等の B2 構造の合金を用いるとよい。この場合、第二の下地層は主として (211) 配向をとるため、第三の下地層、及び磁性層はエピタキシャル成長により (10.0) 配向をとる。磁性層が (10.0) 配向した場合でも、下部磁性層に本発明の Co を主成分とし、Ru、Cr、B、もしくは C を含有した合金材料を用いることによって (11.0) 配向した場合と同様な効果が得られる。

## 【0031】

保護層として窒素を添加したカーボン厚さ 3 nm ~ 7 nm 形成し、更に吸着性のパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を厚さ 1 nm ~ 4 nm 設けることにより信頼性が高く、高密度記録が可能な磁気記録媒体が得られる。また、保護層として水素を添加したカーボン膜、或いは、炭化シリコン、炭化タングステン、(W-Mo)-C、(Zr-Nb)-N 等の化合物から成る膜、或いは、これらの化合物とカーボンの混合膜を用いると耐摺動性、耐食性を向上出来るので好ましい。

## 【0032】

基板としては化学強化したアルミノシリケートの他に、ソーダライムガラス、シリコン、硼珪酸ガラス等からなるセラミックス、または、ガラスグレージングを施したセラミックス、あるいは Ni-P を無電解めっきした Al-Mg 合金基板、あるいは Ni-P をスパッタしたガラス基板、或いは Ni-P を無電解メッキしたガラス等からなる剛体基板等を用いることができる。

## 【0033】

本発明の反強磁性結合媒体の磁気特性としては、保磁力が 240 kA/m (3

, 0 2 4 0 e) 以上、4 0 0 k A / m ( 5 , 0 4 0 0 e ) 以下、残留磁化 (  $B_r \cdot t$  ) が 2 . 0 T n m ( 2 0 G ·  $\mu$  m ) 以上、6 . 0 T n m ( 6 0 G ·  $\mu$  m ) 以下であることが望ましい。ここで残留磁化は概ね上部磁性層の  $B_r \cdot t$  から下部磁性層の  $B_r \cdot t$  を差し引いた値で、図 1 の  $O \cdot Q$  に相当する値である。保磁力が 2 4 0 k A / m に満たないと記録分解能が低下し、4 0 0 k A / m を上回ると重ね書き特性が劣下するので望ましくない。

## 【 0 0 3 4 】

また、残留磁化が 2 . 0 T n m 未満では、再生出力が低下し、6 . 0 T n m を上回ると高い分解能が得られないのでそれぞれ好ましくない。

## 【 0 0 3 5 】

図 1 に本発明の反強磁性結合媒体のヒステリシス曲線の一例を示す。下部磁性層の磁化は残留磁化状態で上部磁性層の磁化と反平行となる必要があるため、下部磁性層の磁化反転が終了する磁界(図中 P 点)は正の値とならなければならない。また、熱磁気緩和現象を十分に抑制するために熱安定度因子 ( $K_u \cdot v / k T$ ) は 8 0 ~ 9 0 以上とすることが望ましい。該熱安定度因子は例えば、J. Magn. Mater. 127, p.233 (1993) に示されているように残留保磁力の時間依存性を Sharrock の式にフィッティングすることにより測定することができる。発明者らの検討では、この手法により求めた室温での  $K_u \cdot v / k T$  が 8 0 ~ 9 0 以上であれば、5 年後の再生出力の減衰は 1 0 % 以下と見積もられ、信頼性上問題はないという結論を得た。

## 【 0 0 3 6 】

さらに、磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において、磁気記録媒体に上記いずれかの媒体を用いることにより、5 0 M b i t / m m <sup>2</sup> 以上の面記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を提供することができる。

## 【 0 0 3 7 】

すなわち、前記磁気ヘッドの再生部は、互いの磁化方向が外部磁界によって相

対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、その導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含むスピバルブ型のセンサによって構成されている。センサ部は $0.10\mu\text{m}$ 以下の距離だけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層間に形成されていることが望ましい。これは、シールド間隔が $0.10\mu\text{m}$ 以上になると分解能が低下し、信号の位相ジッターが大きくなってしまうためである。記憶装置を上記構成とすることにより、信号強度をさらに高めることができ、 $50\text{Mbit}/\text{mm}^2$ 以上の記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置の実現が可能となる。

### 【0038】

以下、さらに、本発明の詳細な実施例について、図面を参照し詳細に説明する。

#### ＜実施例1＞

図2は、本発明の磁気記録媒体の一実施の形態の断面構造図である。基板11として、厚さ $0.635\text{mm}$ 、直径2.5型の表面を化学強化したアルミノシリケートガラス基板を用いた。この基板をアルカリ洗浄した後、その上に、インテバック（Intervac）社製の枚葉式スパッタリング装置（NDP250B）を用いて、タクト9秒で以下の多層膜を形成した。このスパッタリング装置のチャンバ構成あるいはステーション構成を図3に示す。まず、仕込み室20で基板11を真空状態に保持し、第一の下地層形成室21で厚さ $30\text{nm}$ のNi-37.5at% Ta合金から成る第一の下地層12を基板の両面に形成した。その後、加熱室22でランプヒーターにより基板の温度を約 $240^\circ\text{C}$ になる様にArガスと酸素の混合ガス雰囲気中で加熱した。その上に第二の下地層形成室23で厚さ $10\text{nm}$ のCr-20at% Ti合金から成る第二の下地層13を形成した。

### 【0039】

更に、その後、第三の下地層形成室24で厚さ $3\text{nm}$ のCo-40at% Ru合金からなる第三の下地層14を形成し、その上に下部磁性層形成室25で厚さ $2\sim 10\text{nm}$ のCo-24at% Ru-8at% B合金からなる下部磁性層15を形成し、その上に中間層形成室26で厚さ $0.4\text{nm}$ のRu中間層16を形成し、その上に上部磁性層形成室27で厚さ $18\text{nm}\sim 21\text{nm}$ のCo-18at

% Cr-14 at % Pt-8 at % B 合金からなる上部磁性層 17 を形成し、その上に 2 つの保護層形成室 28 及び 28' で合計 4 nm の保護層 18 を形成した。下部磁性層の厚さと上部磁性層の厚さの組み合わせを表 1 に示す。その後、基板をスパッタ装置から取り出し、保護層上にパーフルオロアルキルポリエーテルを主成分とする潤滑剤を塗布して厚さ 1.8 nm の潤滑層 19 を形成した。

## 【0040】

上記第一の下地層 12、第二の下地層 13、第三の下地層 14、下部磁性層 15、中間層 16、並びに上部磁性層 17 の形成には、全て放電ガスとして Ar を用い、ガス圧は下部磁性層成膜時のみ 5.3 Pa (40 mTorr)、それ以外の層の成膜時は 0.93 Pa (7 mTorr) とした。更に炭素からなる保護層 18 の形成時には放電ガスとして窒素を含有した Ar を用い 1.33 Pa (10 mTorr) とした。

## 【0041】

この様にして形成した磁気記録媒体を切断し、イオンシニング法により積層薄膜部をすり鉢状に膜面垂直方向から上下に薄膜化し、第一の下地層の微細構造を加速電圧 200 kV で透過電子顕微鏡により観察した結果、結晶粒径は 5 nm 以下であり、また、制限視野回折像を撮影したところハローが観察され、実質的に非晶質構造であることが確認された。

## 【0042】

得られた磁気ディスク媒体の磁気特性を Kerr 効果を利用した保磁力測定装置と試料振動型磁力計 (VSM) により評価した。磁気ディスクから 8 mm 角の試料を切断し、VSM 用測定試料とした。VSM による磁気特性の測定は、媒体の周方向へ最大 800 kA/m の磁界を印加して、室温で行った。表 1 に示した試料番号に対応する磁気特性を表 2 に示す。Kerr 効果を用いて測定した保磁力  $H_c$  は試料番号 101、102 と 106 で 300 kA/m 未満であった。300 kA/m を超える保磁力を有する試料について、VSM で磁気特性を評価した。熱安定度因子 ( $K_u \cdot v / kT$ ) は室温における 7.5 秒～240 秒までの残留保磁力の時間依存性を Sharrack の式に近似して求めた。尚、残留保磁力の測定は、7.5、15、30、60、120、240 秒後の 6 点について行った



【0043】

【表1】

表 1

試料番号	下部磁性層	中間層	上部磁性層
	Co-24at%Ru-8at%B (nm)	Ru (nm)	Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B (nm)
101	10.0	0.4	18.0
102	8.0	↑	18.0
103	6.0	↑	18.0
104	4.0	↑	18.0
105	2.0	↑	18.0
106	10.0	↑	19.5
107	8.0	↑	19.5
108	6.0	↑	19.5
109	4.0	↑	19.5
110	2.0	↑	19.5
111	10.0	↑	21.0
112	8.0	↑	21.0
113	6.0	↑	21.0
114	4.0	↑	21.0
115	2.0	↑	21.0

【表2】

表 2

試料番号	Kerr	VSM			
	Hc (kA/m)	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
101	241	-	-	-	-
102	264	-	-	-	-
103	328	249	0.83	2.7	79
104	328	276	0.70	3.9	84
105	334	295	0.71	4.8	83
106	260	-	-	-	-
107	320	237	0.68	2.1	81
108	331	249	0.59	3.2	84
109	333	289	0.73	4.3	87
110	339	306	0.74	5.5	90
111	319	187	0.50	1.9	78
112	333	240	0.72	2.4	84
113	334	270	0.72	3.5	85
114	334	290	0.70	5.2	93
115	339	304	0.72	5.9	93

上部磁性層の膜厚に依らず、下部磁性層の膜厚を増加すると保磁力、残留磁束密度  $B_r$  と磁性膜の厚さ  $t$  の積 ( $B_r \cdot t$ )、熱安定度因子 ( $K_u \cdot v / kT$ ) 等は低下した。例えば、上部磁性層の厚さを 21 nm とした媒体では、下部磁性層の厚さを 2 nm ～ 10 nm 迄増加した場合、保磁力は、304 kA/m ～ 187 k

A/mまで、 $B \cdot r \cdot t$ は5.9 Tnm～1.9 Tnmまで、 $K_u \cdot v/kT$ は93～78までそれぞれ減少した。図4に試料番号111～114のヒステリシス曲線の磁界ゼロ付近の拡大図を示す。何れの媒体も磁界が正の領域(第一象限の領域)で、ヒステリシス曲線に段差がみられている。

## 【0044】

このことは、磁界をゼロにした時には、下部磁性層の磁化反転が完了しており、残留磁化状態では下部磁性層の磁化は上部磁性層の磁化と反平行となっていることを示している。よって、本実施例媒体では下部磁性層の膜厚を10nmまで厚くしても、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行になっていることが分かった。

## 【0045】

電磁変換特性の評価は、シールドギャップ長が $0.10 \mu\text{m}$ 、リードのトラック幅( $Twr$ )が $0.33 \mu\text{m}$ のGMRヘッドと、ギャップ長が $0.14 \mu\text{m}$ の書き込みヘッドからなる複合ヘッドを用いて行った。最高線記録密度(HF)を24.8 kFC/mm(630 kFCI)とし、重ね書き特性の1Fは最高線記録密度の6分の1の線記録密度を設定した。表1に示した試料番号に対応する電磁変換特性を表3に示す。上部磁性層の膜厚に依らず、下部磁性層を厚くすると孤立再生波の出力半値幅(PW50)は減少し、最高線記録密度の半分の線記録密度(MF)における出力分解能(ReMF)が向上した。また、このとき重ね書き特性(OW)も改善されている。

## 【0046】

【表3】

表 3

試料番号	So ( $\mu\text{Vpp}$ )	PW50 (nm)	OW (dB)	ReMF (%)	Nd/So ( $\mu\text{Vrms}/\mu\text{Vpp}$ )	媒体S/N (dB)
103	954	116	42	53.3	0.0417	22.1
104	1250	120	37	49.0	0.0384	22.1
105	1486	123	36	48.8	0.0394	21.9
108	1055	117	41	51.2	0.0391	22.3
109	1375	123	36	47.6	0.0384	21.9
110	1592	125	36	47.9	0.0391	21.8
113	1163	118	40	50.9	0.0384	22.4
114	1440	124	36	47.3	0.0398	21.5
115	1640	127	35	47.9	0.0412	21.3

一方、HFで記録した場合の媒体ノイズ( $N_d$ )を孤立再生波出力( $S_o$ )で規格化した規格化媒体ノイズ( $N_d/S_o$ )は、上部磁性層の膜厚によって異なる下部磁性層膜厚依存性を示した。上部磁性層の膜厚が18.0nmの時には、下部磁性層を2nm~6nmまで増加させた場合、 $N_d/S_o$ は約6%増大するのに対し、上部磁性層の膜厚が21.0nmの時には約7%減少した。また、媒体 $S/N$ は、上部磁性層を21nmに設定し、下部磁性層を6nmまで厚くした場合に最も高い値を示した。ここで、媒体 $S/N$ は、MFにおける再生出力( $SMF$ )と $N_d$ を用いて媒体 $S/N = 20 \log(SMF/N_d)$ と定義した値である。

## 【0047】

第一の下地層として上記Ni-37.5at%Ta合金を用いる代わりにCo-32at%Cr-6at%Zr、Co-36at%Cr-8at%Ta、Co-40at%V-8at%B、Co-50at%V-12at%Si合金を用いて試料番号113の磁性層と組み合わせた場合、特に低い規格化ノイズを示した。また、第一の下地層としてNi-40at%Cr-8at%Zr、Ni-55at%V-15at%Si合金を用いた媒体では特に360kA/m以上の高い保磁力が得られた。

## 【0048】

## 〈実施例2〉

下部磁性層としてCo-24at%Ru-10at%B合金を用いた他は実施例1と同一層構成の媒体を、実施例1と同一成膜プロセスで形成した。下部磁性層の厚さと上部磁性層の厚さの組み合わせを表4に、磁気特性を表5に示す。表2と表5に示す磁気特性の比較から、上部磁性層を同一膜厚とした場合、下部磁性層にはCo-24at%Ru-8at%B合金よりもCo-24at%Ru-10at%B合金を用いた方が、 $H_c$ 、 $Br \cdot t$ 、及び $K_u \cdot v/kT$ を大きくできることが明らかになった。

## 【0049】

実施例1でディスク評価に用いた磁気ヘッドで、表5の磁気特性を有するディスクの電磁変換特性を評価した。その結果、表6に示す様に、下部磁性層としてCo-24at%Ru-10at%Bを用いた場合、下部磁性層を2nm~6n

mまで厚くすると、上部磁性層の厚さによらず、(1)PW5.0が短くなり、(2)重ね書き特性、並びに媒体S/Nが向上し、(3)Nd/S<sub>o</sub>が低減することがわかった。特に上部磁性層を21nmとした場合に、Nd/S<sub>o</sub>の低減が顕著であった。

【0050】

【表4】

表4

試料番号	下部磁性層	中間層	上部磁性層
	Co-24at%Ru-10at%B (nm)	Ru (nm)	Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B (nm)
201	10.0	0.4	18.0
202	8.0	↑	18.0
203	6.0	↑	18.0
204	4.0	↑	18.0
205	2.0	↑	18.0
206	10.0	↑	19.5
207	8.0	↑	19.5
208	6.0	↑	19.5
209	4.0	↑	19.5
210	2.0	↑	19.5
211	10.0	↑	21.0
212	8.0	↑	21.0
213	6.0	↑	21.0
214	4.0	↑	21.0
215	2.0	↑	21.0

【表5】

表5

試料番号	Kerr	VSM			
	Hc (kA/m)	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
201	227	-	-	-	-
202	260	-	-	-	-
203	318	252	0.77	3.2	81
204	324	268	0.77	4.3	84
205	336	308	0.75	5.2	90
206	311	-	-	-	-
207	316	237	0.69	2.8	81
208	321	253	0.75	3.8	84
209	329	283	0.73	5.0	89
210	341	309	0.74	6.1	93
211	313	206	0.54	2.3	82
212	321	254	0.70	3.4	86
213	324	277	0.73	4.4	93
214	328	287	0.73	5.7	94
215	342	319	0.73	6.8	99

【表 6】

表 6

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	ReMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
203	1072	119	41	50.7	0.0369	22.8
204	1346	123	37	47.8	0.0396	21.6
205	1559	125	36	47.9	0.0393	21.7
208	1231	120	39	48.7	0.0351	22.8
209	1507	125	35	47.1	0.0390	21.6
210	1681	126	36	47.6	0.0398	21.6
213	1370	123	38	48.0	0.0347	22.8
214	1608	128	35	46.4	0.0402	21.2
215	1781	129	34	46.8	0.0413	21.1

## ＜実施例 3＞

実施例1と同一の層構成で(1)基板温度、(2)CrTi下地層の膜厚、(3)Ru中間層の膜厚を変えて媒体を形成した。成膜プロセスは実施例1と同様であるが、下部磁性層の成膜時のArガス圧のみ0.93Paとした。表7～表9に媒体の層構成と試料番号の関係、磁気特性、及び電磁変換特性を示す。尚、電磁変換特性の評価には $Twr = 0.35 \mu m$ のヘッドを用いた。いずれの媒体も260kA/m以上の高い保磁力と、 $0.04 \mu Vrms / \mu Vpp$ 以下の低い規格化媒体ノイズを示した。

【0051】

【表 7】

表 7

試料番号	基板温度 ( $^{\circ}$ C)	第二の下地層 Cr-20at%Ti (nm)	下部磁性層 Co-24at%Ru-8at%B (nm)	中間層 Ru (nm)	上部磁性層 Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B (nm)
301	210	10	2.0	0.4	18.0
302	240	10	↑	↑	↑
303	270	15	↑	↑	↑
304	↑	5	↑	↑	↑
305	↑	10	↑	0.8	↑
306	↑	↑	↑	0.6	↑
307	↑	↑	↑	0.4	↑
308	↑	↑	↑	0.2	↑
309	300	↑	↑	↑	↑

【表 8】

表 8

試料番号	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
301	264	0.80	5.0	78
302	298	0.72	5.1	88
303	338	0.72	5.2	105
304	295	0.66	5.4	89
305	317	0.63	5.4	101
306	326	0.70	5.4	100
307	331	0.68	5.2	103
309	345	0.69	4.8	118

【表 9】

表 9

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	ReMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
301	1107	125.7	37	48	0.0400	21.6
302	1132	125.2	36	48	0.0372	22.3
303	1097	125.2	36	49	0.0391	22.0
304	1153	126.6	36	48	0.0356	22.6
305	1154	128.1	35	48	0.0379	22.0
306	1116	126.8	35	48	0.0385	21.9
307	1127	125.4	35	48	0.0384	22.0
309	1059	125.3	35	49	0.0378	22.2

HcとKu·v/kTは、基板温度の上昇に伴って増大傾向にあるが、媒体S/Nは、基板温度が240℃のときに最大となった。HcとKu·v/kTは、CrTi下地層の膜厚を増加させた場合にも増大している。CrTi下地層の膜厚を5nmと薄くした媒体(試料番号304)のNd/Soが最も低く、CrTi下地層の薄膜化がノイズ低減に効果的であることがわかった。一方、Ru中間層の膜厚変化に伴う電磁変換特性の変化は小さく、0.2～0.8nmの範囲内では略一定であった。また、下部磁性層に用いたCo-24at% Ru-8at% B合金の磁気特性を評価するため、該磁性層の膜厚を18nmとし、上部磁性層を形成しない媒体を作製した。膜面内方向に磁界を印加して磁化曲線を測定したところ、保磁力、飽和磁束密度は、それぞれ8.8kA/m、0.60Tであった。

【0052】

## ＜実施例4＞

実施例2と同一の層構成で(1)基板温度、(2)CrTi下地層の膜厚、(3)R

u 中間層の膜厚を変えて媒体を形成した。表 1 0 ～ 表 1 2 に媒体の層構成と試料番号の関係、磁気特性、及び実施例 3 で用いたヘッドで評価した電磁変換特性を示す。いずれの媒体も 2 5 0 k A / m 以上の高い H c と 2 1 . 5 d B 以上の高い媒体 S / N を示した。実施例 3 と同様、H c 、K u · v / k T 共に基板温度の上昇、及び C r T i 下地層の膜厚増加に伴って増大した。但し、H c 、K u · v / k T の値は共に実施例 3 の媒体に比べて若干小さかった。また、C r T i 下地層の膜厚を 5 n m と薄くした媒体(試料番号 4 0 4)が最も低ノイズで、媒体 S / N が最大であった。

【 0 0 5 3 】

【表 1 0】

表 1 0

試料番号	基板温度 (℃)	第二の下地層 Cr-20at%Ti (nm)	下部磁性層 Co-24at%Ru-10at%B (nm)	中間層 Ru (nm)	上部磁性層 Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B (nm)
401	210	10	2.0	0.4	18.0
402	240	10	↑	↑	↑
403	270	15	↑	↑	↑
404	↑	5	↑	↑	↑
405	↑	10	↑	0.8	↑
406	↑	↑	↑	0.6	↑
407	↑	↑	↑	0.4	↑
408	↑	↑	↑	0.2	↑
409	300	↑	↑	↑	↑

【表 1 1】

表 1 1

試料番号	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
401	254	0.80	5.5	71
402	286	0.68	5.4	84
403	322	0.71	5.3	103
404	281	0.69	5.3	85
405	318	0.69	5.4	100
406	312	0.64	5.4	99
407	314	0.60	5.6	99
409	336	0.68	5.5	115

【表 1 2】

表 1 2

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	ReMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
401	1197	128	36	48	0.0399	21.5
402	1179	128	35	48	0.0364	22.3
403	1117	128	35	49	0.0387	22.0
404	1181	127	36	47	0.0349	22.5
405	1164	129	35	48	0.0372	22.1
406	1130	128	35	48	0.0376	22.2
407	1151	127	35	48	0.0371	22.2
409	1122	128	35	48	0.0379	22.0

本実施例媒体は、実施例 3 の媒体に比べて電磁変換特性において大きな差はみられなかった。実施例 3 と同様な手法で下部磁性層に用いた Co-24 at % Ru-10 at % B 合金の保磁力、飽和磁束密度を測定したところ、それぞれ 7.6 kA/m、0.56 T であった。

【0054】

## ＜実施例 5＞

第一の下地層に膜厚 25 nm の Co-30 at % Cr-10 at % Zr 合金を使用し、上部磁性層として Co-20 at % Cr-14 at % Pt-6 at % B 合金を用いた媒体を作製した。層構成、及び成膜プロセスは実施例 1 と同様である。(1)基板温度、(2)第二の下地層の膜厚、(3)下部磁性層の膜厚、(4)Ru 中間層の膜厚、(5)上部磁性層の膜厚の設定値を表 1 3 に示す。これらの媒体に対応する磁気特性を表 1 4 に示す。Ku・v/kT は基板温度の上昇に伴って 330℃まで増大しているが、保磁力は 300℃以上では飽和傾向である。また、本実施例の媒体の保磁力角型比 S\* は、実施例 1 ～実施例 4 で示した実施例の媒体の S\* に比べ小さかった。表 1 5 に T<sub>wr</sub> = 0.33  $\mu$ m のヘッドで評価した各媒体の電磁変換特性を示す。下部磁性層を 6 nm とした試料番号 508 の媒体以外では、Nd/So は 0.04  $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp 以下と低く、媒体 S/N は 22.0 dB 以上と大きかった。下部磁性層が 1 nm の場合に最も高い S/N が得られることから、下部磁性層の膜厚の最適値は上部磁性層の組成にも依存することが明らかになった。

【0055】



【表 1 3】

表 1 3

試料番号	基板温度 (℃)	第二の下地層 Cr-20at%Ti (nm)	下部磁性層 Co-24at%Ru-8at%B (nm)	中間層 Ru (nm)	上部磁性層 Co-20at%Cr-14at%Pt-6at%B (nm)
501	270	20	2.0	0.4	18.0
502	300	↑	↑	↑	↑
503	330	25	↑	↑	↑
504	↑	15	↑	↑	↑
505	↑	↑	↑	0.6	↑
506	↑	↑	↑	0.4	↑
507	↑	↑	↑	0.2	↑
508	↑	↑	6.0	↑	↑
509	↑	↑	4.0	↑	↑
510	↑	↑	1.0	↑	↑
511	↑	↑	2.0	↑	16.5
512	↑	↑	↑	↑	19.5

【表 1 4】

表 1 4

試料番号	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
501	284	0.61	5.2	96
502	306	0.59	5.1	110
503	329	0.61	5.0	128
504	279	0.45	4.8	98
505	302	0.48	4.9	119
506	305	0.54	4.8	120
507	303	0.45	4.8	122
508	202	0.23	2.7	95
509	251	0.46	3.6	108
510	313	0.46	5.2	115
511	295	0.41	4.6	116
512	305	0.48	5.4	122

【表 1 5】

表 1 5

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	ReMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
501	1184	128	37	48	0.0377	22.1
502	1140	127	37	48	0.0367	22.3
503	1105	128	38	48	0.0381	22.0
504	1071	128	39	47	0.0358	22.4
505	1113	128	38	48	0.0369	22.3
506	1103	127	38	48	0.0366	22.3
507	1108	129	38	47	0.0371	22.1
508	646	111	39	56	0.0595	19.5
509	844	121	42	48	0.0360	22.5
510	1170	128	38	47	0.0368	22.2
511	1043	125	39	49	0.0365	22.5
512	1188	131	37	47	0.0374	22.0

## ＜実施例 6＞

上部磁性層にCo-18at%Cr-14at%Pt-6at%B-2at%Cu合金を用いた以外は、実施例5と同一の層構成の媒体を作製した。(1)基板温度、(2)第二の下地層の膜厚、(3)下部磁性層の膜厚、(4)Ru中間層の膜厚、(5)上部磁性層の膜厚の設定値を表16に示す。本実施例で上部磁性層に用いたCo-Cr-Pt-B-Cu合金は実施例5で用いたCo-Cr-Pt-B合金に比べて飽和磁束密度が2割程度高いため、上部磁性層の標準膜厚は15.0nmに設定した。表16に示した媒体の磁気特性を表17に示す。試料番号608を除き、240kA/m以上の高い保磁力を有する媒体が得られた。また、試料番号612の媒体と実施例5の試料番号511の媒体との比較から、膜厚を同一とした場合、本実施例のCo-Cr-Pt-B-Cu合金を上部磁性層に用いた方が、実施例5のCo-Cr-Pt-B合金を用いた場合よりも保磁力と $K_u \cdot v/kT$ を高くできることがわかった。

【0056】

【表 1 6】

表 1 6

試料番号	基板温度 (℃)	第二の下地層 Cr-20at%Ti (nm)	下部磁性層 Co-24at%Ru-8at%B (nm)	中間層 Ru (nm)	上部磁性層 Co-18at%Cr-14at%Pt-6at%B-2at%Cu (nm)
601	270	20	2.0	0.4	15.0
602	300	↑	↑	↑	↑
603	330	25	↑	↑	↑
604	↑	15	↑	↑	↑
605	↑	↑	↑	0.6	↑
606	↑	↑	↑	0.4	↑
607	↑	↑	↑	0.2	↑
608	↑	↑	6.0	↑	↑
609	↑	↑	4.0	↑	↑
610	↑	↑	1.0	↑	↑
611	↑	↑	2.0	↑	13.5
612	↑	↑	↑	↑	16.5

【表 1 7】

表 1 7

試料番号	Hc (kA/m)	S*	Br·t (T·nm)	Ku·v/kT
601	270	0.63	4.8	97
602	287	0.54	4.5	104
603	322	0.42	4.6	121
604	247	0.49	4.4	97
605	287	0.41	4.7	114
606	291	0.39	4.6	113
607	293	0.38	4.8	115
608	183	0.14	2.1	95
609	246	0.39	3.4	108
610	303	0.43	5.0	116
611	277	0.38	4.2	105
612	308	0.48	4.9	125

表 1 8 にディスクの電磁変換特性を示す。評価に用いたヘッドの書き込みギャップ長は  $0.14 \mu\text{m}$ 、シールドギャップ長は  $0.10 \mu\text{m}$ 、 $Twr = 0.33 \mu\text{m}$  である。ヘッドの浮上高さ  $hm$  (上部磁性層の表面から主磁極の表面までの距離) は  $24 \text{ nm}$  とし、周速は  $7 \text{ m/s}$  とした。第二の下地層の膜厚を  $10 \text{ nm}$  と薄くした媒体 (試料番号 604)、及び下部磁性層の膜厚を  $4.0 \text{ nm}$  とした媒体 (試料番号 609) が最も  $Nd/S_o$  が低く、 $22.6 \text{ dB}$  以上の高い媒体  $S/N$  を示した。書き込みギャップ長とシールドギャップ長は同一にして、 $hm$  を  $23 \text{ nm}$  とした別のヘッドを用いて測定した結果を表 1 9 に示す。この場合も試料番号 604 と 609 の媒体で相対的に低い  $Nd/S_o$  が得られた。

【0057】

【表 18】

表 18

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	RcMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
601	1711	129	39	50	0.0395	22.1
602	1660	129	39	49	0.0379	22.3
603	1611	129	38	50	0.0382	22.2
604	1576	130	40	48	0.0353	22.6
605	1609	130	39	48	0.0368	22.3
606	1581	130	40	49	0.0369	22.4
607	1621	130	40	48	0.0367	22.3
608	807	114	41	56	0.0699	18.1
609	1180	124	41	49	0.0352	22.8
610	1664	129	40	49	0.0373	22.4
611	1415	127	41	50	0.0371	22.5
612	1677	132	38	47	0.0374	22.0

【表 19】

表 19

試料番号	So ( $\mu$ Vpp)	PW50 (nm)	OW (dB)	RcMF (%)	Nd/So ( $\mu$ Vrms/ $\mu$ Vpp)	媒体S/N (dB)
604	1113	127	39	50	0.0379	22.4
606	1142	126	39	51	0.0388	22.4
608	610	99	40	58	0.0734	18.0
609	850	120	42	51	0.0374	22.7
610	1212	126	39	50	0.0388	22.3
611	1046	124	40	51	0.0385	22.4
612	1236	129	38	50	0.0395	22.0

## ＜実施例 7＞

実施例 1 と同一の層構成で、第一の下地層に Ni-20 at% Cr-10 at% Zr 合金、第二の下地層に Cr-40 at% MoB 合金を使用し、下部磁性層に膜厚 2-6 nm の Co-16 at% Ru、Co-16 at% Ru-3 at% B、Co-16 at% Ru-10 at% B、Co-16 at% Ru-20 at% B、Co-16 at% Ru-23 at% B、Co-30 at% Ru-8 at% B、Co-3 at% Ru-8 at% B、Co-10 at% Ru-5 at% Cr、Co-3 at% Ru-18 at% Cr-6 at% B、Co-14 at% Ru-5 at% C、Co-14 at% Ru-5 at% Cr-5 at% C 合金を使用した媒体を作製した。上部磁性層には、膜厚 19 nm の Co-16 at% Cr-12 at% Pt-12 at% B 合金を用いた。また、比較例として、Ru を含有しない Co

-18 at % Cr-9 at % Pt-6 at % B 合金を下部磁性層に用いた媒体を作製した。磁化曲線を測定したところ、いずれの媒体も磁界が正の領域で磁化曲線に段差がみられ、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行となっていることを示した。実施例 1 に記載した磁気ヘッドを用いて評価した電磁変換特性を表 2 0 に示す。

【 0 0 5 8 】

【表 2 0】

表 2 0

試料番号	下部磁性層	So ( $\mu\text{Vpp}$ )	OW (dB)	Nd/So ( $\mu\text{Vrms}/\mu\text{Vpp}$ )	媒体S/N (dB)
701	Co-16at%Ru	1260	37	0.0371	22.2
702	Co-16at%Ru-3at%B	1248	38	0.0367	22.1
703	Co-16at%Ru-10at%B	1140	38	0.0339	22.7
704	Co-16at%Ru-20at%B	1236	39	0.0354	22.3
705	Co-16at%Ru-23at%B	1020	33	0.0595	19.0
706	Co-30at%Ru-8at%B	1284	35	0.0376	22.7
707	Co-3at%Ru-8at%B	1164	38	0.0384	22.5
708	Co-10at%Ru-5at%Cr	1200	40	0.0389	22.4
709	Co-3at%Ru-18at%Cr-6at%B	1188	41	0.0391	21.6
710	Co-14at%Ru-5at%C	1248	37	0.0397	22.5
711	Co-14at%Ru-5at%Cr-5at%C	1260	39	0.0405	22.5
比較例	Co-18at%Cr-9at%Pt-6at%B	1212	33	0.0448	20.2

表 2 0 に示した試料番号 7 0 1 と 7 0 2 の媒体について、上部磁性層の結晶粒径を加速電圧 2 0 0 k V の透過型電子顕微鏡で観察し、以下の手順で平均粒径を見積もった。まず、得られた 2 0 0 万倍の格子像を用いて各結晶粒の面積を算出し、これと同一面積の真円の直径を該結晶粒の粒径と定義した。この時、格子縞が同一方位を持つ領域を一つの結晶粒と見なし、c 軸を互いに直交させて隣接した構造(バク cristalline 構造)をとる結晶粒は異なる結晶粒とした。約 1 5 0 個の結晶粒から粒径を算出し、それらの算術平均をとって平均粒径とした。

【 0 0 5 9 】

試料番号 7 0 1 の媒体の上部磁性層の平均粒径は 1 0 . 3 n m であったのに対して、試料番号 7 0 2 の媒体では 9 . 6 n m と約 7 % 微細であった。一方、B を 2 3 a t % 含有した試料番号 7 0 5 の媒体では、X 線回折測定の結果、磁性層の ( 1 1 . 0 ) 配向が大幅に劣化していることがわかった。以上より、磁性粒子径を微細化して媒体ノイズを大幅に低減するには、下部磁性層の B 含有量は 3 a t % 以上、2 0 a t % 以下とすることがより望ましいことがわかった。

## 【0060】

また、Ru含有量が30at%の媒体(試料番号706)と3at%の媒体(試料番号707)は共にノイズが低く、下部磁性層中のRu含有量が3at%~30at%の範囲内で低ノイズな媒体が得られることがわかった。

## 【0061】

下部磁性層がCrを含有した媒体(試料番号708、709)では、(重ね書き特性が特に良好であった。また、下部磁性層にBの代わりにCを添加した媒体(試料番号710、711)は媒体ノイズがやや高めだったが、出力分解能が高く、高いS/Nを示した。一方、比較例のCo-20at% Cr-12at% Pt-6at% B合金を下部磁性層に使用した媒体は、重ね書き特性が悪く、媒体ノイズも高かった。

## 【0062】

## 〈実施例8〉

第一の下地層として膜厚35nmのNi-30at% Nb合金、第二の下地層として膜厚10nmのCr-15at% Ti合金を形成した後、第三の下地層として3nmのCo-34at% Crを形成した後、下部磁性膜としてCo-4at% Re、Co-8at% Re-11at% B、Co-6at% Re-5at% Cr、Co-5at% Re-5at% Cr-6at% B、Co-12at% Re-8at% C、Co-4at% Re-4at% B-4at% C合金を2~6nm形成した。その後、0.4nmのRu中間層を介して18nmのCo-20at% Cr-11at% Pt-7at% B合金を形成した。

## 【0063】

膜面内方向に磁界を印加して磁化曲線を測定したところ、磁界が正の領域で段差がみられ、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行となることがわかった。実施例1に記載したのと同様の磁気ヘッドを用いて評価した電磁変換特性を表21に示す。いずれの媒体も21dB以上の高い媒体S/Nを示した。

## 【0064】

【表 2 1】

表 2 1

試料番号	下部磁性層	So ( $\mu V_{pp}$ )	O/W (dB)	Nd/So ( $\mu V_{rms}/\mu V_{pp}$ )	媒体S/N (dB)
801	Co-4at%Re	1358	34	0.0385	21.2
802	Co-8at%Re-11at%B	1302	35	0.0347	21.9
803	Co-6at%Re-5at%Cr	1456	37	0.0377	21.3
804	Co-5at%Re-5at%Cr-6at%B	1470	38	0.0402	21.0
805	Co-12at%Re-8at%C	1414	33	0.0413	21.1
806	Co-6at%Re-6at%Cr-8at%C	1442	33	0.0399	21.2
807	Co-4at%Re-4at%B-4at%C	1456	33	0.0403	21.3

## ＜実施例 9＞

第一の下地層として膜厚 100 nm の Ni-50 at% Al 合金、第二の下地層として膜厚 25 nm の Cr-50 at% V 合金を形成した後、第三の下地層は設けず、直接、磁性層、保護膜を連続して成膜した。第一の下地層は 2 つのチャンバーに分けて 50 nm ずつ形成し、基板加熱は該下地層の形成前に基板温度が 280℃ となるよう行った。各層の成膜条件は実施例 1 と同様であり、磁性層、および Ru 中間層の層構成は試料番号 114 の媒体と同一とした。X 線回折測定を行ったところ、磁性層からは (10, 0) 面からの回折ピークのみが観察され、(10, 0) 配向した媒体であることが分かった。また、磁化曲線では、磁界が正の領域で段差が見られ、残留磁化状態で上部磁性層と下部磁性層の磁化が反平行になっていることがわかった。保磁力、 $S^*$ 、 $B_r \cdot t$  はそれぞれ 303 kA/m、0.70、4.8 T·nm であり、 $K_u - v/kT$  は 105 であった。実施例 1 と同様の磁気ヘッドを用いて電磁変換特性を評価したところ、規格化媒体ノイズは  $0.0365 \mu V_{rms} / \mu V_{pp}$ 、媒体 S/N は 22.0 dB と良好な結果が得られた。

【0065】

## ＜実施例 10＞

NiP メッキした Al-Mg 合金基板を 220℃ まで加熱したのち、下地層として 10 nm の Cr、20 nm の B を 0~12 at% 含有した Cr 合金、5 nm の Co-37 at% Cr 合金を順次積層し、次いで磁性層、保護膜を連続して形成した。B を含有した Cr 合金としては、Cr-40 at% Mo-2 at% B、Cr-40 at% Mo-4 at% B、Cr-40 at% Mo-6 at% B、Cr-

40 at % Mo-8 at % B、Cr-40 at % Mo-10 at % B、Cr-40 at % Mo-12 at % Bを使用し、比較例としてBを含有しないCr-40 at % Mo合金を用いた媒体を作製した。磁性層、及びRu中間層の層構成は試料番号214の媒体と同一とした。本実施例媒体では、Al-Mg合金基板を用いているため、Cr合金に(100)配向をとらせるための第一の下地層は形成していない。また、強い(100)配向と微細な結晶粒を両立させるため、Cr合金からなる第二の下地層を二層化した。

## 【0066】

本実施例媒体のX線回折測定を行ったところ、Cr-40 at % Mo-12 at % B下地層を用いた媒体以外の全ての媒体で、Cr、及びCrMoB合金下地層の(100)面からの回折ピークと、第三の下地層、及び磁性層の(11.0)面からの強い回折ピークが確認された。Cr-40 at % Mo-12 at % B下地層を用いた媒体では、磁性層の(11.0)面からの回折ピークは極めて弱く、強い(00.2)ピークが観察された。これより、Cr-40 at % Mo-12 at % B下地層を用いた媒体では、c軸の膜面内成分が小さくなっていることがわかった。

## 【0067】

図5(a)、(b)にCrMoB下地層のB濃度と保磁力 $H_c$ 、及び規格化媒体ノイズ $N_d/S_o$ の関係を示す。ここで、規格化媒体ノイズは、実施例1と同様の磁気ヘッドを用いて評価した値である。保磁力 $H_c$ は、B含有量の増加と共に低下しており、10 at %～12 at %でかけて急激に低下している。一方、規格化媒体ノイズ $N_d/S_o$ は、B含有量の増加に伴って一旦低下し、B含有量が6 at %～8 at %で極小となったのち、急激に増加した。これより、240 kA/m以上の高い保磁力と $0.04 \mu V_{rms}/\mu V_{pp}$ 以下の低い媒体ノイズを有する媒体を得るには、CrMoB合金下地層のB含有量を2 at %～10 at %とすればよいことがわかった。

## 【0068】

## ＜実施例11＞

実施例1～実施例10に記載した磁気記録媒体91のうち、試料番号113、



208、213、304、404、511、609、703、802の媒体、実施例9で示した媒体、及び実施例10でCr-40at% Mo-8at% B下地層を用いた媒体を選択し、これらの媒体と、該磁気記録媒体を駆動する駆動部92と、記録部と再生部からなる磁気ヘッド93と、該磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段94と、該磁気ヘッドへの信号入力手段と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生信号処理手段95及びアンロード時に待避する機構部96とを有する磁気記憶装置を図6に示す様に構成した。

## 【0069】

前記磁気ヘッドの再生部は磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成されるようにした。図7はこの磁気ヘッドの構造を示す模式的斜視図である。このヘッドは基体801上に形成された記録用の電磁誘導型ヘッドと再生用の磁気抵抗効果型ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドである。前記記録ヘッドはコイル802を挟む上部記録磁極803と下部記録磁極兼上部シールド層804からなり、記録磁極間のギャップ長は $0.14\mu\text{m}$ とした。また、コイルには厚さ $1.5\mu\text{m}$ の銅を用いた。前記再生用ヘッドは磁気抵抗センサ805とその両端の電極パターン806からなり、磁気抵抗センサは下部記録磁極兼上部シールド層804と下部シールド層807で挟まれ、2つのシールド層間の距離は $0.10\mu\text{m}$ とした。尚、この図では記録磁極間のギャップ層、及びシールド層と磁気抵抗センサ間のギャップ層は省略してある。

## 【0070】

図8に磁気抵抗センサの断面構造を示す。磁気センサの信号検出領域900は、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、この導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサ(スピンバルブ型の再生素子)によって構成される。この磁気センサの構造は、ギャップ層901上に、Taバフファ層902、下部磁性層903、銅で構成された中間層904、上部磁性層905、Pt-Mn合金からなる反強磁性層906が順次形成された構造である。前記下部磁性層にはNi-20at% Fe合金を使用し、上部磁性層にはコバルトを使用した。反

強磁性層からの交換磁界により、上部磁性層の磁化は一方向に固定されている。これに対し、上部磁性層と非磁性層を介して接する下部磁性層の磁化の方向は、磁気記録媒体からの漏洩磁界により変化するため、抵抗変化が生じる。信号検出領域の両端にはテーパ形状に加工されたテーパ部907がある。このテーパ部は、下部磁性層を単磁区化するための永久磁石層908と、その上に形成された信号を取り出すための一対の電極806からなる。永久磁石層は保磁力が大きく、磁化方向が容易に変化しないことが必要であり、Co-Cr-Pt合金を用いた。

## 【0071】

実施例1～実施例8に記載した磁気記録媒体91のうち、試料番号113、208、213、304、404、511、609、703、802の媒体、実施例9で示した媒体、及び実施例10でCr-40at% Mo-8at% B下地層を用いた媒体を選択し、図7に示した上記ヘッドと組み合わせて、図6に示す磁気記憶装置を構成した。上記のいずれの媒体を用いた場合にも、この様にして構成した磁気記憶装置によって、 $50 \text{ Mbit/mm}^2$ 以上の記録密度を実現することができた。

## 【0072】

本実施例では、浮上面レールの面積が $1.4 \text{ mm}^2$ 以下で、質量が $2 \text{ mg}$ 以下の磁気ヘッドスライダー上に磁気抵抗効果型磁気ヘッドが形成されている磁気ヘッドを用いた。スライダーの浮上面レールの面積を $1.4 \text{ mm}^2$ 以下とし、更に、質量を $2 \text{ mg}$ 以下とすることにより、耐衝撃信頼性を向上できる。これにより、高い記録密度と高い衝撃性を両立させることができ、 $50 \text{ Mbit/mm}^2$ 以上の記録密度で30万時間以上の平均故障時間間隔(MTBF)を実現ができた。

## 【0073】

## 【発明の効果】

本発明の磁気記録媒体は、媒体ノイズの低減、及び熱ゆらぎに対する安定性向上の効果を持つ。本発明の磁気記録媒体と磁気抵抗効果型ヘッドを用いることにより、 $50 \text{ Mbit/mm}^2$ 以上の面記録密度を有し、かつ平均故障回数が30万時間以上の磁気記憶装置の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例媒体のヒステリシス曲線である。

【図 2】

本発明の磁気記録媒体媒体の断面構造の一例を示す模式図である。

【図 3】

本発明で使用したディスク形成装置の構成を示す模式図である。

【図 4】

本発明の一実施例媒体のヒステリシス曲線の磁界ゼロ付近の拡大図である。

【図 5】

(a)、(b)はそれぞれ本発明の一実施例媒体の保磁力、及び規格化媒体ノイズと下地層中の B 含有量の関係を示すグラフである。

【図 6】

本発明の磁気記憶装置の一例を示す斜視図である

【図 7】

本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの断面構造の一例を示す斜視図である。

【図 8】

本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部の断面構造の一例を示す模式図である。

【符号の説明】

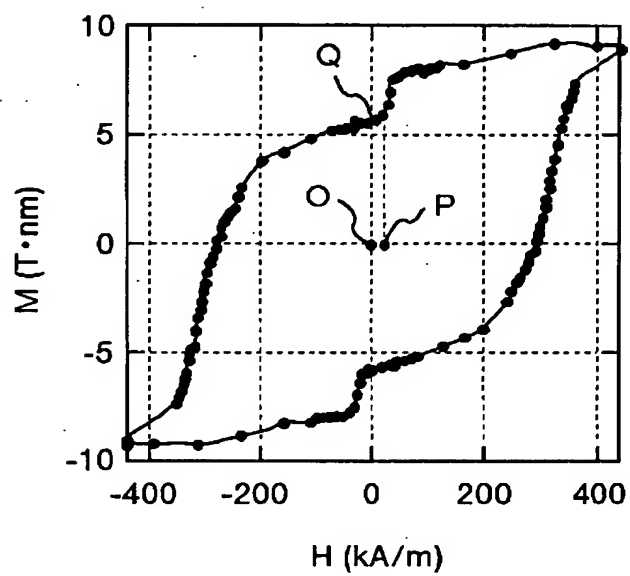
1 1 …基板、1 2 …第一の下地層、1 3 …第二の下地層、1 4 …第三の下地層、  
1 5 …下部磁性層、1 6 …中間層、1 7 …上部磁性層、1 8 …保護膜、1 9 …潤滑膜、  
2 0 …仕込み室、2 1 …第一の下地層形成室、2 2 …加熱室、2 3 …第二の下地層形成室、  
2 4 …第三の下地層形成室、2 5 …下部磁性層形成室、2 6 …中間層形成室、  
2 7 …上部磁性層形成室、2 8 …保護膜形成室、2 8' …保護膜形成室、  
2 9 …取り出し室、3 0 …メインチャンバー、9 1 …磁気記録媒体、9 2 …磁気記録媒体駆動部、  
9 3 …磁気ヘッド、9 4 …磁気ヘッド駆動部、9 5 …記録再生信号処理系、  
9 6 …アンロード時待避機構部、8 0 2 …コイル、8 0 3

…上部記録磁極、804…下部記録磁極兼上部シールド層、805…磁気抵抗センサ、806…電極パターン、807…下部シールド層、900…信号検出領域、901…シールド層と磁気抵抗センサの間のギャップ層、902…バッファ層、903…下部磁性層、904…中間層、905…下部磁性層、906…反強磁性層、907…テーパー部、908…永久磁石層。

【書類名】 図面

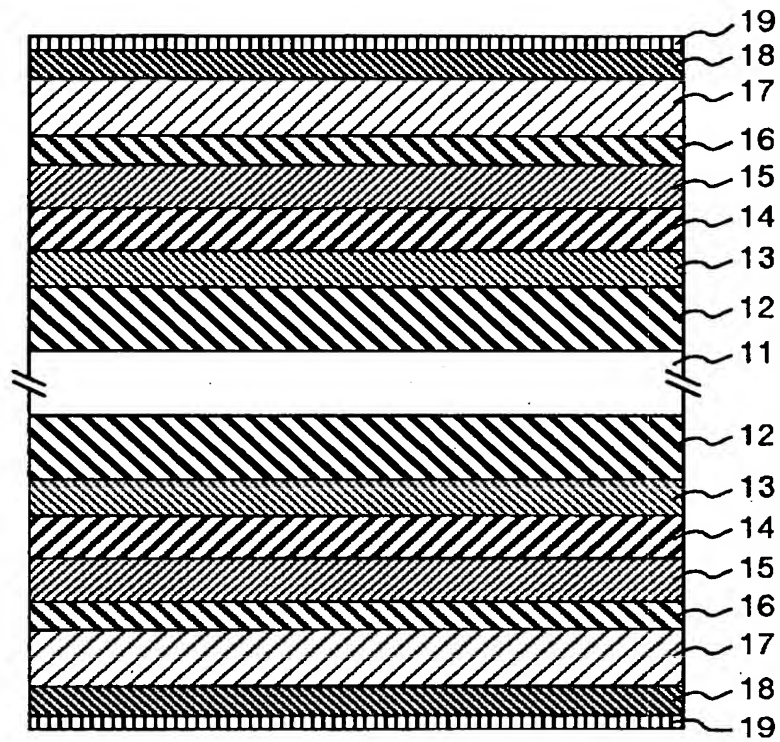
【図 1】

図 1



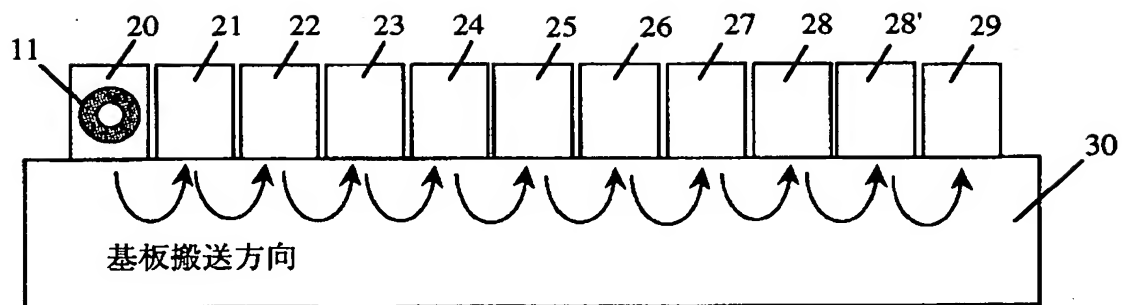
【図 2】

図 2



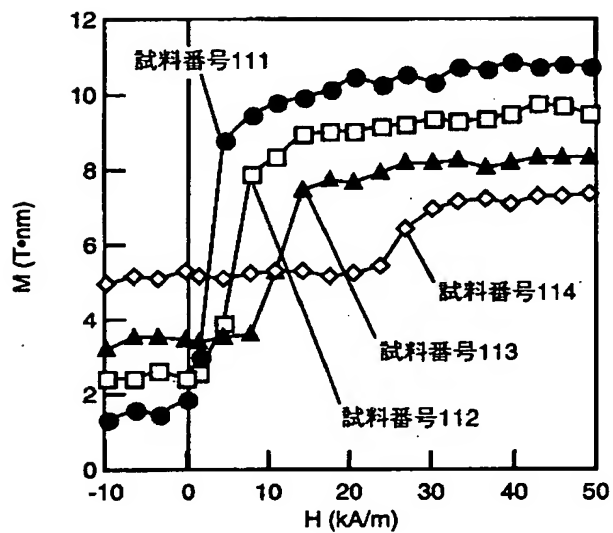
【図 3】

図 3



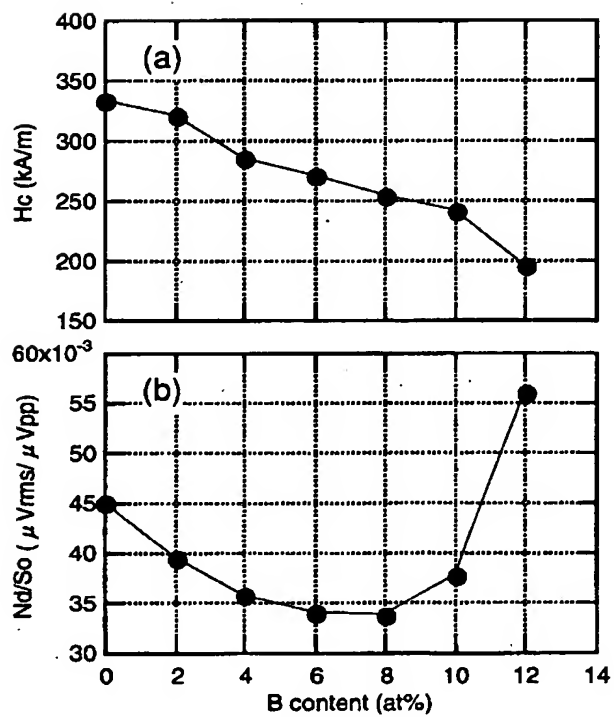
【図 4】

図 4

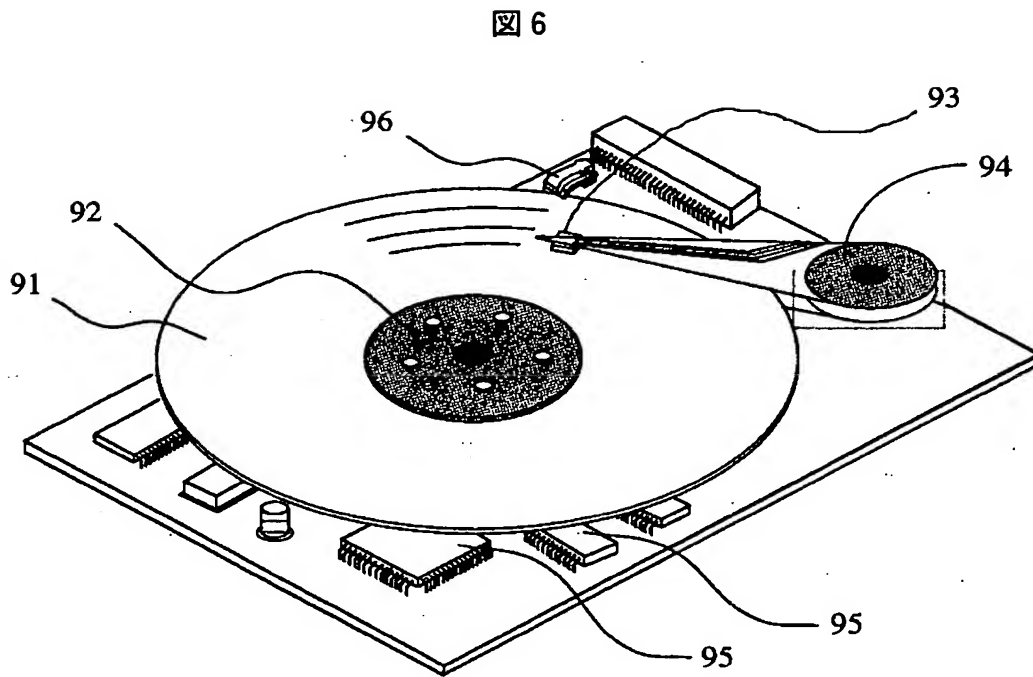


【図 5】

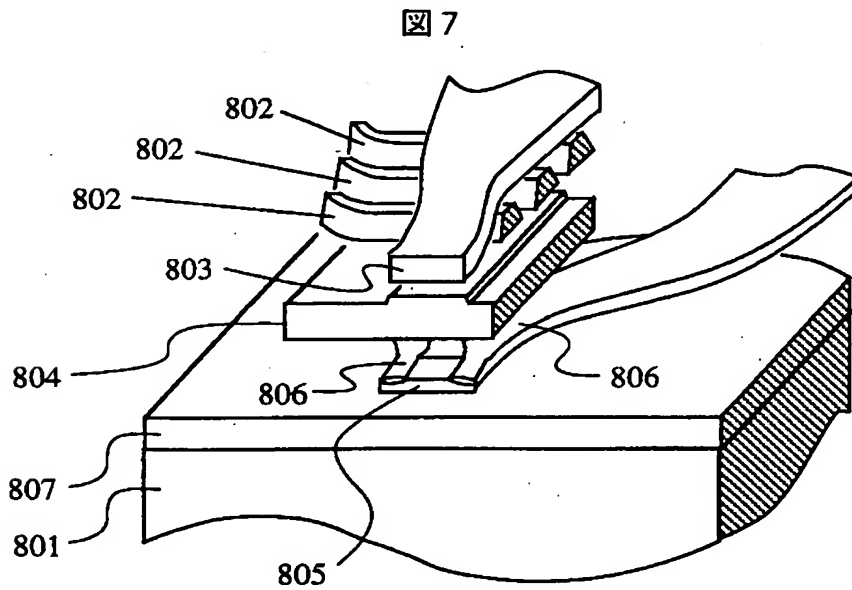
図 5



【図 6】



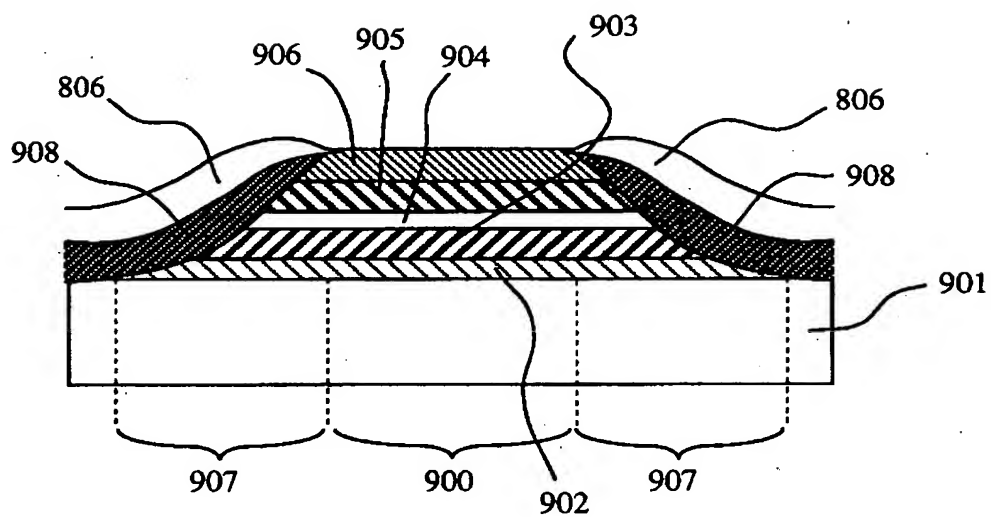
【図 7】





【図 8】

図 8



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の目的は、高密度な情報の記録再生が可能で信頼性の高い磁気記憶装置を提供することである。

【解決手段】 非磁性基板上に複数の下地層を介して磁性層が形成されており、該磁性層が、Ru、もしくはReを3at%以上、30at%以下含有し、かつCrを0at%以上、18at%以下含有し、更にB、もしくはCの少なくとも一方を0at%以上、20at%以下含有した下部磁性層と、非磁性中間層を介して配置されたCoを主成分とする上部磁性層からなる面内磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、再生部がスピントラップ型センサで構成される複合磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置とする。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所